



国外现代铸造

特种 铸造

tezhongzhuzao

22
30

上海科学技术文献出版社

特种铸造(国外现代铸造)

上海市机械工程学会铸造学组编

*

上海科学技术文献出版社出版

(上海高安路六弄一号)

新华书店上海发行所发行

江苏省宜兴县南漕印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 9.25 字数 235,000

1982年4月第1版 1982年4月第1次印刷

印数: 1—5200

书号: 15192·199 定价: 1.15元

《科技新书目》22-122

前 言

特种铸造为铸件向高精尖方面发展提供了新的途径，因而在国防和民用工业中得到了广泛的应用。

近年来，特种铸造获得了迅速的发展，出现了不少新工艺和新技术，同时理论研究也正在深入地展开，使铸造质量进一步提高。

本专辑反映了特种铸造几个主要领域的发展趋势，包括：

1. 熔模精密铸造的现状，模料、涂料与模壳对铸件质量的影响，真空吸入法的研究以及今后展望。

2. 金属型、低压和压铸的近况和进展，以及有关新工艺，如半固态触变铸造、真空吸铸、挤压铸造、悬浮铸造和连续铸造的研究。

3. 物理成型和砂型新工艺，如真空造型(V法)、水平串铸(H法)、冷冻铸型(E法)，以及浸液铸造等新工艺的研究和应用。

4. 对有关铝、镁合金的金相组织、性能、处理工艺、超高速熔化等方面的研究和应用。

由于特种铸造涉及面极广，文献很多，这里收集的文章可能不够全面，敬请读者批评指正。

上海市机械工程学会铸造学组

一九八一年十二月

目 录

熔模铸造工艺的现状和展望	1
用热分析法控制熔模铸造蜡料的质量	5
熔模铸造涂料的检测和成分控制	11
熔模铸造球墨铸铁经济上及性能上的新发展	17
金属与陶瓷之间的相互作用对铸件质量的影响	21
真空吸入熔模铸造或 CLA 法	29
用浸铸法铸造成型铸件	35
铝和铜合金管件的真空吸铸法	37
冲天炉熔炼的进展 (Leyshon)	46
活塞环铸件的浸液铸造法	47
金属流速和模具温度对金属流距离及铸件质量的影响	51
电炉熔炼与保温的发展 (Morgan)	54
今日的低压铸造	55
铸铁孕育处理工艺展望 (Dawson)	56
金属型低压铸造	57
铝合金挤压铸造	62
悬浮铸造法	71
V-法造型的装备和材料	74
水平串铸或 H-法	81
铸铁的连续铸造	83
冷冻铸型的特性	87
低频振动对铝共晶的影响	93
铸造铝合金在低温下的组织和性能	98
在压力下结晶的活塞铝合金的热强性	100
压铸合金 GD-MgAl ₈ Zn ₁ 与 GD-MgAl ₉ Zn ₁ 的铸造性质	102
在定向凝固装置中铸造薄壁铝铸件	108
钢的触变铸造	110
铸铁加镁处理工艺 (Barton)	117
铝青铜铸件浇铸系统中的过滤网	118

带复合氧化剂的发热料成分选择及性能	121
超高速熔化高频电炉	123
电液压清砂装置的实用化	127
自硬砂造型和制芯(Morgan).....	131
具有形态记忆性能的铜合金	132
用镍钙合金改善铸件质量	136
高强度合金灰铁与球铁(美国Dodd).....	137
改善铝铜系铸造合金的工艺和机械性能	138
铸件质量控制(Fuller)	140
应用FSM合金的球化处理办法	141
合金白口耐磨铸铁(法国Maratray)	144

熔模铸造工艺的现状和展望

[苏联] Я.И.Шкленник

熔模铸造法在最近五年内正在并继续朝着三个方向及相应的生产类型中获得发展:

I——用特殊合金制成的、具有特种性能的、重量达1公斤的精密铸件的批量生产,例如耐热、耐蚀或磁性合金的精铸件。

II——重量达400公斤的大、中型薄壁精铸件的批量生产,通常为高合金化的合金精铸件。

III——用铁基、铝基或其他基体的结构合金制成的、铸件重量达1公斤的小型精铸件的大量或批量生产。

当然,这样一种分类不允许用来机械地处理模型材料、铸型材料、合金材料的选择以及铸件生产方法的选择等问题。前两种类型的铸件常以长度较长为特征,而且侧壁的

长度和宽度对其厚度之比往往大于冒口的作用距离和端面效应的总和,铸件具有两个以上的、为直浇口所不能补缩的热节,因此必须附加冒口。

第三种类型的铸件的最大特点是其致密度,铸件由起冒口作用的直浇道经由起轴颈作用的内浇口而充满。所有这些类型铸件的浇注补缩系统均应予以计算,为此必须放弃凭经验而确定尺寸的方法。现今对于这种工程计算方法的标准化已经积累了不少的知识 and 经验。在浇注系统中过滤金属液的方法应予以广泛采用。目前暂时还没有能够完全满足工艺要求的模料成分。它们应有化学专家来研制,而目前我们所拥有的全部模料成分都是由铸造工作者选定的。表1列出了目前

表 1

生产类型	模壳中有无陶瓷型芯	现 在			将 来		
		模料成分或材料之类型	方 法		模料成分或材料之类型	方 法	
			制 造	脱 模		制 造	脱 模
I	无	蜡与可溶于水的有机盐粉末的混合料	膏状压制	溶解,在热水中溶化	新型混合料	膏状压制	熔化,溶解
	有	含有添加物的有机盐(如尿素)熔液	在低压或真空下浇注	在热水中溶解	新型盐基熔液	自由浇注,在低压和真空下吸注	溶解,熔化,烧失
II	无	蜡料,盐基(少用)	压 注	在水中溶化	能形成薄膜的塑料	在气体或空气压力下压注	烧失,溶解
	有	盐 基	在余压下浇注熔液,自由浇注	溶 解	盐 基 新 型	浇 注	溶解或熔化 新 方 法
III	无	蜡 料	以含12—15% (按体积)的空气中的膏状混合料进行压注	在95—100℃的热水中溶化,在模料中溶化(少用)	铸造用粒状泡沫聚苯乙烯	在自动机上压注	烧失,在铸型熔烧时溶解,熔失
					蜡料,新材料	以膏状压注	在高压釜中用过热蒸汽熔失
					薄膜型材料	在自动机上喷注	—

表 2

生产类型	基体		粘 结			溶 剂		方 法		技 术 经 济 指 标					
	材料名称	化学式	模壳膨胀率 (20~1000℃) (%)	来源	焙烧后 具有粘 结性的 氧化物	水解用水	溶剂	粘溶剂中的 假定含 量(%)	成组模壳的干燥, 每层的干燥周期 (小时)	铸型的焙烧周期 (小时)	蜡 利 系 数	每吨合 格铸件 的硅酸 乙酯消 耗量 (公斤)	废品损 耗(浇 注数 的%)	铸件 生产 周期 (%)	劳动量 (%)
I:	刚玉, 蓝晶石 硅线石 与刚玉 配合使用	$\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$	0.5	硅酸乙酯	SiO_2	0.25~0.3	有机溶剂	16~20	真空-氮干	在通过电炉中无填料 焙烧, 2 以下, 在松散的支承填料中, 10~20	<0.4		取作 100	100	100
			0.6	硅酸乙酯	SiO_2	0.5~0.7	有机溶剂	16~18	空气流速为 0.3~0.5 米/秒的干燥橱中, 2~3	在松散的支承填料中, 6~10 无填料焙烧而浇注前填 砂 0.5~0.6 到 1	<0.5	~70	~15	100	100
II	结晶石英	SiO_2	1.6 以下	3ИЛ-ЭФ	SiO_2	0.7~0.8	水	8~10	空气流速为 0.3~0.5 米/秒的干燥橱中						
I:	铸造用熔 融石英	SiO_2	0~0.04%	硅酸乙酯		0.23~0.3	有机溶剂	16~20	真空-氮干, 0.5	在刚玉沸腾层中, 0.1~0.25	>0.7		25	40~50	<25
				同上	SiO_2	0.5~0.7	水	10	在吸湿剂流态层 中, 0.5						
II	同上	SiO_2	0	3ИЛ-ЭФ		0.7~0.8	水	9~12	在吸湿剂流态层中	在刚玉沸腾层中 0.1~0.2	0.8~0.9	0.35	5	30~40	<25

在 现 将 来

正被使用的和在最近五年内将要使用的模型材料的类型、制模方式和从模壳中除去模型的方式。显然，在不久的将来，在Ⅰ和Ⅱ类的生产中将会采用目前已崭露头角的盐基成分以及其他新材料。

在第Ⅲ种类型的生产车间中，泡沫聚苯乙烯烧失模料在提高铸件精度、降低工艺耗费和提高车间劳动生产率的竞赛中，将逐渐取代蜡料。泡沫聚苯乙烯模型将在专门设计的自动机上生产。应该研制出类似于儿童玩具式的薄膜型模料及其生产方式。

现今苏联最广泛使用的模壳材料，不久即将占优势的模壳材料，它们的干燥与焙烧方式，为进一步提高其效率所采用的方法的发展趋向均列于表2。显然在Ⅰ、Ⅱ类生产中，对铸件提出了极高的精度，表面质量和致密度要求，已采用了电熔刚玉制作模壳，即用粉料配成的浆料和撒砂用的颗粒混合料。有色冶金工业生产这些材料系用于磨料行业。虽然使用电熔刚玉的成本比结晶石英高100~150倍，但在铸件质量很高的条件下亦可认为价廉。

为制造具有较低热膨胀系数的模壳，虽然使用了昂贵而稀缺的耐火材料，但它可以使模壳在无耐热水泥作支承填料的情况下焙烧，从而提高铸件精度，缩短焙烧周期并降低能量消耗。但是在第Ⅲ类的生产中，模壳基体的主要材料仍然是结晶石英—粉料用于浆料而砂子用于撒砂。结晶石英也是工艺损失(可从辅助材料消耗定额中预计)、废品损失，铸件精度低而成本高，蜡模有效系数(即铸件数量与生产的蜡模数量之比)低于0.5等的主要原因。而蜡模有效系数正是铸件成本高低的主要工作指标。

所有这些均是结晶石英制成的模壳在573℃时产生 $\beta \rightleftharpoons \alpha$ 相变而突然膨胀1.5%的结果，它时常导致模壳变形和开裂。在模壳焙烧到800~900℃的过程中，只能是极缓慢的加热(100~150℃/时)，例如将模壳置于

耐火粘土填料之中，并在焙烧后防止它冷却到600℃以下，这样可减少损失，但铸件精度不可能高于5~6级。

采用熔融石英(粉料用于浆料，粒料用于撒砂)是上述三种类型车间进一步改进生产的总方向。由于熔融石英模壳加热到1000℃的膨胀极微，几乎近于零，而且没有相变，因此即使以任何速度加热和冷却亦不会发生模壳开裂的现象。熔融石英有优良的热稳定性，因而允许在0.15~0.25小时之内，在900~1000℃的电熔刚玉的伪沸腾床内焙烧模壳(而非熔融石英模壳却需要焙烧8~10小时)；脱蜡以后，模壳强度(抗弯)亦从40~60公斤/厘米²提高到90~120公斤/厘米²，因而允许将壳层厚度减少30~50%，并允许水解硅酸乙酯粘结剂中的二氧化硅含量降低40~60%。

熔融石英模壳具有比刚玉模壳低一半的蓄热系数，这就改善了薄壁铸件的充填性能，因而可以浇注比现在更薄的铸件，又因铸件及其热节凝固时间的延长，从而促进了凝固铸件体积中毛细孔液体过滤时间的延长，从而能获得尽管晶粒粗大但机械性能却很高的铸件。

当模壳材料由刚玉改为铸造用熔融石英时，可以使铸件壁厚减小一半而凝固时间增加三倍。

应该考虑到，没有多晶转变的熔融石英模壳的透气性要比结晶石英模壳的透气性为低。为提高透气性，可在浆料中加入0.1~0.3%的高分子可燃化合物，例如在粘结剂中加入聚氧化乙烯。熔融石英-硅酸乙酯模壳的这些独特的性能有可能使其在焙烧和浇注时省去支承填料。

计算表明，当用不透明熔融石英粉代替刚玉粉和结晶石英粉时(熔融石英粉由带选矿厂的砂场提供)，金属消耗降低12~20%；工艺损耗和废品损失减少1/2~1/3；硅酸乙酯消耗降低50%，电能消耗降低50~70%；

精铸车间和机加工车间的劳动生产率提高1~2倍；铸件精度提高1~2级；将熔模（以及烧失模、溶解模）车间的蜡模利用系数提高到0.7~0.9。

熔融石英粉在电泳制壳工艺中同样获得了广泛的应用。盐模或泡沫聚苯乙烯模上的表面层按常法涂制，其后不必经过干燥，在80~100秒内用电泳法使模壳增厚，然后进行最终干燥。用熔融石英粉制作的陶瓷型芯及用可溶于非侵蚀性液体中的混合料制作的陶瓷型芯，在薄壁铸件（具有较狭窄的内腔）的制造中获得了应用。

硅酸乙酯暂时仍作为模壳粘结物质二氧化硅的来源。在I、II类铸件的车间中，带有机溶剂（酒精、丙酮）的粘结剂和模壳的真空-氮干将占优势。在第III类铸件生产中，建议使用不含有机溶剂一稀释剂的粘结剂和浆料的砂浆配制法。ЗИЛ-ЭФ粘结剂和与其类似的其它粘结剂，以及含有金属磷酸盐添加剂的粘结剂（例在硅酸乙酯粘结剂中加入磷酸铝铬或磷酸铁）将获得更为广泛的应用。

粘结剂ЗИЛ-ЭФ和含有磷酸盐加入剂的粘结剂都只能在硅酸乙酯粘结剂第一层或第二层之后使用，因而大大地减少了硅酸乙酯的消耗量，同时不需要有机溶剂。这种磷酸盐粘结剂的有限使用，其原因在于生产铸钢件时，在深度达0.5毫米的表面层内能使磷含量增加1~2倍，因而可能超过ГОСТ规定的标准。

在生产第III类铸件的车间内，模壳干燥时的空气流速应为3~4米/秒，以代替目前使用的0.3~0.5米/秒。在带有吸湿剂（例硅酸凝胶）的伪沸腾床中进行干燥是可能而有效的。

在I、II类型生产中，正在并将继续进行开发熔模铸造用新合金的研究工作。目前在第III类的生产中，往往用锻造合金来生产一些按锻件设计而转产于精铸的零件，这种状

态必须结束。近期的任务是考虑熔模铸造的特点而加强结构合金方面的研究。例用0.3~0.5%的钒使碳钢合金化，可提高铸件机械性能和塑性达20~30%。

在真空或保护气氛中熔化含有易于氧化元素的合金以浇注定量毛坯，在同一真空室中用精炼过的合金液、通过浇口杯中的过滤器浇入经预热、表面涂有孕育剂（变质剂）的熔融石英模壳，并在铸件凝固期内利用气体或空气的压力及使铸件缓慢冷却等工艺方法，这一切在I、II类的车间中将会获得更充分的发展。

在第III类铸件生产中，高频感应炉熔炼将和现在一样仍然占有优势。但为了更趋完善，应给炉子配备可控硅电流转换器以取代高频发电机；配备炉料加热器和从坩埚边缘抽气的机构。在产量大于5000个精铸小钢件的车间中，最好建立炉料半制品铸造工段，以便浇出具有断面形状最有利的、化学成分合乎规定的、有一定尺寸的炉料半制品（料锭）。

在I、II类型铸件的生产车间中，铸件的电液压清砂和陶瓷型芯的清理获得了更为普遍的采用。用熔盐代替苛性钠水溶液清除铸件上的残留模壳，这工艺既同时进行了热处理、又随之能完成铸件表面的钝化处理，这种新工艺在第III类的车间中获得了广泛的应用。十分重要的是熔融石英粉模壳和残余型芯的浸出，要比其他材料（例高铝耐火粘土）快一倍。

在熔模铸造车间中，使用工艺过程的自动控制系统、机械手和控制装置，这对稳定工艺制度和改善工艺方法极为必要，但目前这方面的应用尚十分稀少。环境保护和进一步改善劳动条件的问题，在实现进一步完善熔模铸造工艺的方针中占有首要地位。

卢重温译自《Литейное производство》

(1) 1980

袁宁生、严名山校

用热分析法控制熔模铸造蜡料的质量

[美国] Myron Koenig

我们生产的每批“西利塔”铸造蜡，在装运前控制的检验项目有：

1. 软化点；2. 针入度；3. 比重；4. 灰分。

但是，这些检验项目仍无法确保产品的性能始终如一，有时还会把大量质量勉强合格的材料供给了买主。为了尽可能提供质量最好而又均匀的铸造蜡，我们调查了市场上各种分析方法和仪器，察看了多种形式的色谱法、粘度计和热分析仪。经过研究与探讨后，在1911年中决定租用杜邦990型热分析系统搞试验。经几个月的试验调整后，我们的实验室买下了这套二万美元的仪器，并进行了五年的使用。

从最广义上讲，热分析仪(TA)是通过温度函数的变化来测量材料的物理或化学变化。不管在测量随温度而变的是那些变量(如能量、重量、尺寸等等)，各种TA装置都有几种共同的组成部分。

图1是一般热分析系统的方框图。试样置于坩埚内，用温度程序控制仪调节温度。试样的变化情况由相应的传感器或探头来监视，它们能产生显示试样的化学或物理变化的电输出。输出信号经电子放大后，再输送到用作读数装置的一般电位差记录仪。

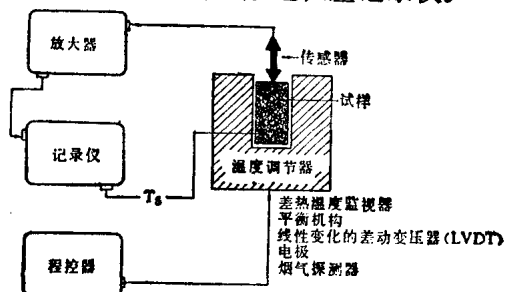


图1 现代热分析系统

温度程序控制器必须能使坩埚的温度等于环境的温度，或者低于或者高于某一恒值，以及能随某个已知的时间函数而改变温度(通常是线性的)，而且变化速率是可选择的。坩埚与合适的加热元件和温度敏感的反馈控制部件连成一体。

传感器或探头特别被做成对专门测量的，它们与试样紧密地联在一起。通常，放大系统要与专用的传感器配套，而一般它们是高增益、低噪音的直流放大器。

因为X-Y记录仪易于解释和贮存数据，它成为一种最普及的输出装置。其X轴是试样的温度，Y轴是所需的变量。这样，在研究时与温度参数有直接关系的变化就立即显示出来。

今天应用最广的有四种热分析法：

1. 差热分析(DTA)
2. 差动扫描量热计或差动热分析(DSC)
3. 热机械分析(TMA)
4. 热差重分析或热天平(TGA)

一、差热分析(DTA)

DTA可谓现代热分析系统的基础，所以了解DTA的原理是必要的。差热分析是记录被测试样和惰性参考物之间的温差并作为试样的温度函数的一种技术。图2是典型的DTA简图。在DTA中传感器或探头是一串热电偶，它直接放在试样或参考物中，被选择的参考物必须在测试的温度范围内无热变化，热电偶用反接法串联在一起，热电偶的

电动势值(emf)随温差而异,当试样和参考物的温度完全相同时,emf值为零,记录仪画出一条水平线。如果试样温度高于参考物温度,那末电动势就会给出一个输出信号,被杜邦系统中的记录仪接收后,将绘出一条向上的曲线;如果试样的温度低于参考温度,则给出一个相反的电动势信号,记录仪将绘出一条向下的曲线。

如图所示,试样中的热电偶有二个作用:一是发送记录温差的电动势信号,作为上述热电偶串的一部分;再是也提供试样的温度信号,并带动记录仪的X轴。

图3是典型的DTA热分析曲线。在 -133°C 和 -104°C 的二次转变,有少量吸热,属第二类转换。在 -72°C 和 -23°C 处峰值明显,属于第一类转换。在 -72°C 是放热反应,这是试样随其晶体性质变到较低的能态而释放的热量。在 -23°C 是由于试样熔化而大量吸热。

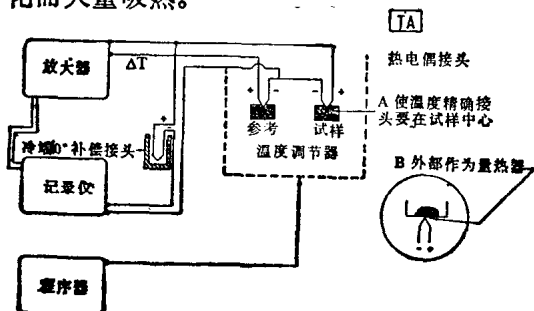


图2 DTA装置

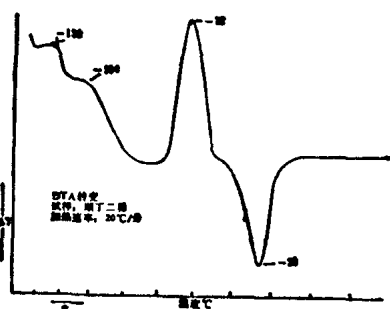


图3

二、差动扫描量热计(DSC)

DSC记录数据的方法在某种意义上和

DTA相似,不过在DSC上曲线下的面积与试样吸收或放出的总热量成正比。Y轴上的每一点都与此时的热量传递速率成正比,因此可以从中计算出任一给定温度下试样的比热。

图4是典型的DSC传感器剖视图,传感器的主要差别在于热电偶是放在试样的外侧,不是浸没在试样中,还有这里的热流量是通过自动补偿线路送入试样和参考物的,这两点是给出能量的定量数据的主要因素。

在试样中还有第三支热电偶,它发送的电动势信号与试样的温度成正比,用以带动记录仪的X轴。

DTA和DSC两者的主要不同可简述为:DTA只测量试样和参考物间的温差,DSC是测量进出试样的热流量。因此,DSC所得到的数据对检验熔模铸造蜡料更为有用。

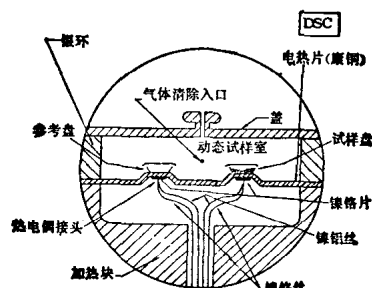


图4 DSC小室剖面图

三、热机械分析(TMA)

热机械分析是四种基本热分析法中最新的一种。该法实质上是测量温度变化时试样的某种线性变化规律。

测量装置如图5所示,包括程序控制器、放大器和记录仪,敏感元件是对位移很灵敏的一个传感器,即呈线性变化的差动变压器(LVDT),如图所示,试样放在石英台上,置于炉内。LVDT用一个石英探针跟试样相连,试样上还有一支热电偶测定其温度,试样的任何位移都会引起LVDT的铁芯发生移动,

结果产生与此位移或移动成正比的电动势。输出的电动势信号能够表明位移变动的方向。传感器的上端压着一只载重箱，对试样加载，以研究其在不同的负载下发生的变化。

TMA

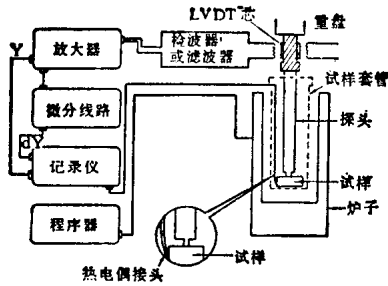


图 5 热机械分析

热机械分析仪有六种不同用途的探头，用于测量线膨胀、体积膨胀、针入度和张力。有的探头还可测量试样的压缩模量的变化。它们的差别仅仅是头部的形状和接触的面积不同，张力和纤维探头则可用于测试样的弹性模量。

图 6 表示了膨胀仪探头的细节，它是测量试样加热时产生的体积变化，而不是长度变化，最简单地可比喻为一对汽缸-活塞副。试样置于石英管内，周围充满粉状填料。本试验中填料就象一种流体。试样的体积随温度而变，并通过填料被转换成活塞探头的线性位移。由于探头与 LVDT 相连，LVDT 的输出信号同试样的体积膨胀成正比，所以探头的线性位移被记录在 X-Y 记录仪上。

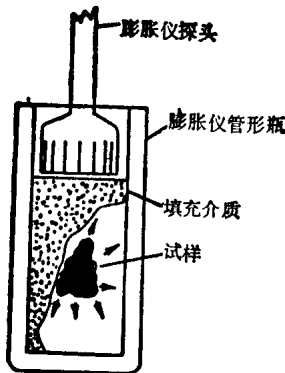


图 6 带剖视试样的膨胀仪探头和管形瓶

四、原材料的质量控制

DSC 首先被用于检查买进的原材料。以往，我们完全必须依靠由供应商提供的每批进货原材料的分析。由于存在着一些要求很高原材料，所以供应商同意我们可选择不同批号的原材料，以减少各批料之间的变化。然而，这样还不足以使所有的变动因素减少到能控制的水平。由于用了热分析检验原料，使我们对每批料都作了精确的记录，所以能更好地挑选由各批原料所制成的产品。

例如图 7 指出的两种树脂的 DSC 加热曲线，两种料均符合制造厂的规格，但是在生产中我们使用这些树脂却一直有点问题，它比正常情况软些，使蜡凝固得慢。我们用 DSC 来分析剩余的几批树脂，并同几批成品中出现的问题联系起来考虑，我们终于发现了 DSC 峰低于 75°C 的树脂通常是不适用的。由于对这类树脂都已甄别过，所以现在我们能对各种生产的蜡选用合适的树脂。

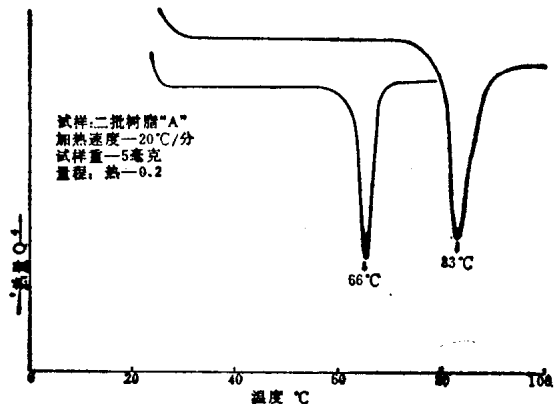


图 7

另一个例子是用 DSC 分析石蜡，如今市场上供应的石蜡一批批的变动是十分大的，可以用 DSC 去检查每批石蜡的质量是否合格可用。还可从 DSC 的图形上看出，一批石蜡的含油量是否高，而含油量高的石蜡是不宜作为铸造用蜡的。于是，我们可以重新挑选一批合适的原材料来混合(图 8A 和 B)。

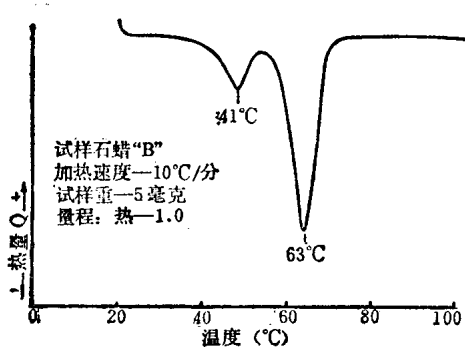


图 8A

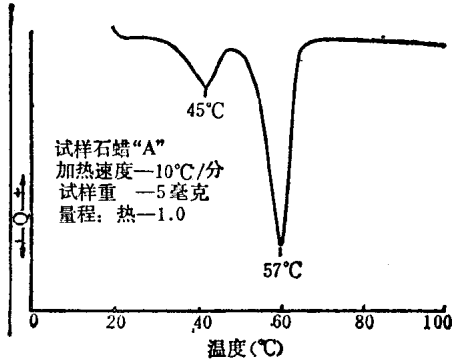


图 8B

五、成品的质量控制

目前每批西利塔铸造用蜡都用DSC检查，通过对几批已知铸造用蜡的DSC图加以分析研究后，我们已能提出每种蜡的配方的“标准”曲线。图9是一种西利塔充填蜡F-875-1的差动热分析图，二批料之间的变化甚小。每批铸造蜡都是测定了加热和冷却的热分析曲线，这样就可以知道蜡熔化时大

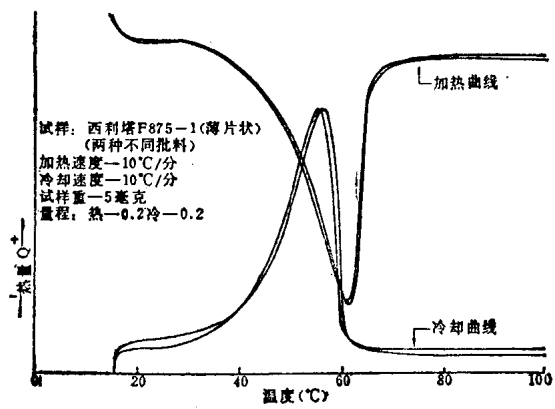


图 9

致需要的热量和蜡凝固时所发生的变化。凡是生产的蜡均可对照它的“标准”曲线来核对如下三方面的情况：

1. 曲线形状的相似性；
2. 曲线上相应峰值的位置；
3. 曲线下面积的一致性。

虽然熔模铸造的质量控制越来越复杂了，但是我们的质量控制系统已能适应我们

的生产系统，每种蜡的生产批量可达1,000磅至20,000磅，或更多些。每种蜡配制时，在原材料熔化、混合、过滤后生产就暂停，赶紧把熔化后蜡的试样送到实验室进行质量控制试验。过去，我们的实验室只测试样的灰分，如果合格，就通知车间将不必加填料的蜡压成薄片；若要求加填料的，则加入填料后再压片。若要更进一步的试验，如测定软化点、针入度或比重就不切实际了，因为这样将要增加二个小时或更多宝贵的生产时间。现在采用了热分析法，我们就在测定灰分的同时测得蜡试样的DSC曲线，在30分钟之内就能知道蜡的配比是否正确，灰分含量是否合格。利用热分析，一旦在生产中出现任何形式的差错，我们能在不致消耗更多的宝贵时间或者把昂贵的填料加到熔化蜡中混合之前，就有把握很快地纠正这些错误。

图10A、B、C、D是如何利用热分析曲线帮助我们控制质量的实例。图10A是未加填料的西利塔蜡F-875-1配制正确的DSC曲线。图10B、C和D是西利塔蜡F-875-1配制不正确的DSC曲线。图10B是某厂实际生产过程中测定的曲线，由于他们漏加一种占配方3%的原材料，与标准曲线相比，显然，曲线形状更宽，曲线下的面积也更大。这样就能在差动热分析曲线上发现这个工厂所犯的错误的，在实验室里检查出所遗漏的部分，并通知该厂补加漏加的原料。在DSC上检查第二个试样，并得出标准曲线后，工厂才可

以加填料和压蜡片。如果没有热分析,想在实验室检查出错误,要等到压片后的蜡测定了软化点、硬度等等之后,那时就得重新熔化、混合和包装 20,000 磅蜡。

我们在实验室里故意用一种熔点较低的石蜡代替配方中规定的石蜡,这样得到的西利塔(F-875-1)混合蜡的曲线如图 10C 所示。曲线的明显变化就立即表明有的成分出毛病了。

图 10D 是西利塔(F-875-1)用一种高熔点的微晶蜡代替原定的蜡,曲线的宽度和峰值都发生变化,明显表明依然有问题存在。

虽然在图 10C 和 D 中出现的问题是在实验室里故意搞的,但是在生产中只靠测象环球软化点那样的标准的工业检验方法就一定会发现这两个问题中的任一个,简直是不可想象的。因为这二个配方试样的软化点分别在容许范围的上限和下限,即都是在这种蜡的规定之内的。就我们所知,如果把这二种样品中无论那一种装给买主,他们使用时将会遇到困难。因此,在西利塔铸造用蜡的质量控制上,热分析法为我们提供了一种高精度的快速检验方法。

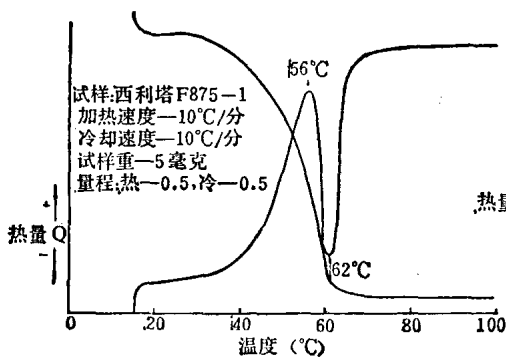


图 10A

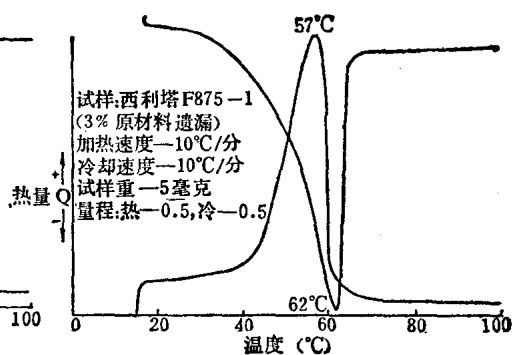


图 10B

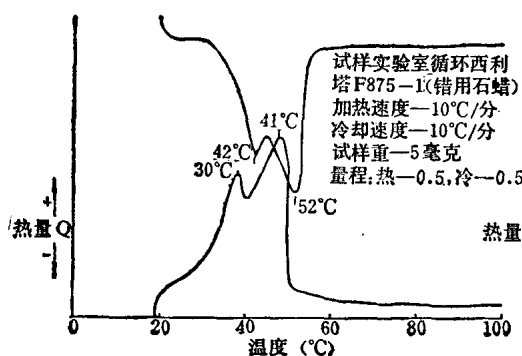


图 10C

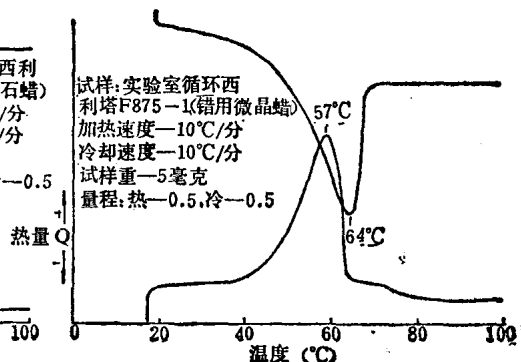


图 10D

六、热机械分析仪的应用 (TMA)

最近我们使用了 TMA 六种探头中的两种探头做铸造蜡的试验,用膨胀探头测定蜡的体膨胀曲线,精确称重待测蜡样,悬置于

石英套管中,四周充填介质,调整好仪器后,迅即就能在记录仪上绘出一条体膨胀曲线来,然后经过简单的计算就可得到图 11 的曲线,X轴是温度,对应的 Y 轴是膨胀率。

现在我们所有的体膨胀试验都在 TMA 上做,不用标准的水银温度计做。作这样的改变是有许多值得考虑的理由,主要的理由

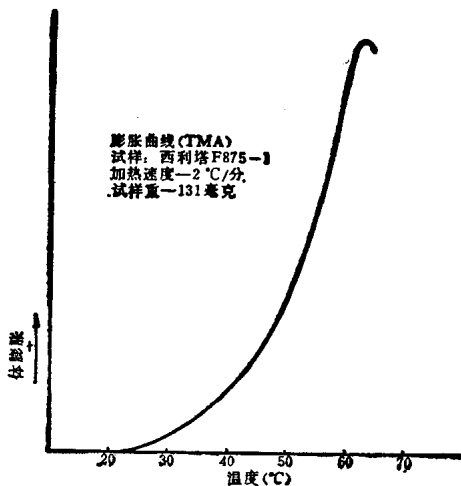


图 11

是TMA膨胀计比水银膨胀计更迅速、更精确,重复性更好。水银膨胀计测一次要花2至3小时,再要计算和作图约1小时,且全过程还要一位熟练的技术员。TMA膨胀仪从试验开始到结束,一般不到1小时,其中3/4的时间根本不需要技术员在场。水银膨胀计还存在一些问题,包括试样的制备,试样尺寸和排除仪器中的气泡,这些问题在TMA中都不存在。促使我们不用水银膨胀计的还有一个原因是水银的毒性太大。此外,当起始温度低于环境温度时,用TMA测膨胀曲线也更为方便。

用TMA测量蜡的膨胀的唯一缺点是不能测量全液态蜡的膨胀曲线,因为随着蜡试样开始软化,它就渗透到填充介质中去。然而,充填介质的孔隙相似于型壳的多孔性,这样得到的膨胀曲线的确与型壳失蜡时发生的情况很相近。

最近,工作正进展到可期望把热机械分析仪(TMA)作为一种新的质量控制方法,我们把它称为“流动-针入度”(Flow-Penetration)。试验时取一小块平整的蜡片,放在TMA试样筒内。然后把测针入度的平探针直接放在蜡平面上,在仪器的载重箱上压适当的重量。当试样以预定的速率加热时,记录仪就绘出在该负荷下的初期膨胀曲线,和

探针渗入试样时的温度。我们把在10克和100克负荷下“流动-针入度”温度结果列在图12中。

我们发现了在100克负荷下的“流动-针入度”温度和棒蜡的注射温度很接近,两个温度仅相差华氏几度。我们期待作进一步的试验,以便从这个试验方法中取得更有价值的

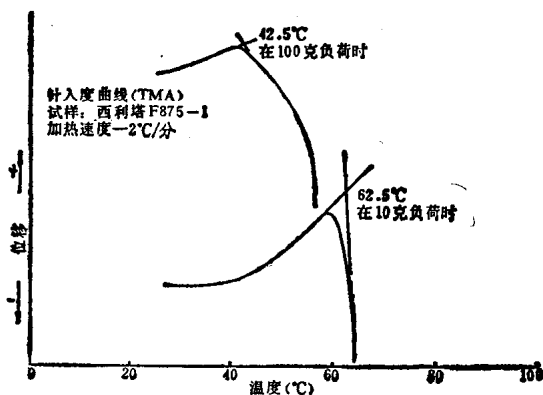


图 12

信息。

虽然试验数据有限,不过我们已发现对一个给定的蜡的配方,其各批间的“流动-针入度”温度范围比通常精铸学会ICI试验法测定的标准软化点的范围更小,这可作为“流动-针入度”同软化点的关系进一步研究的依据。

我们希望把TMA的“流动-针入度”变成一种比ICI“熔模铸造用蜡的标准试验法”中的流动试验(Flow Test)不仅更精确,而且可以更多地提供熔模铸造用蜡的有关性能的方法。现在所用的ICI流动试验要求蜡在给定的低温下的流动率小于5%,在给定的较高温度下的流动率大于95%。由于这些温度可随意选择,所以实际上任何混合蜡都可以满足试验的要求。然而,TMA“流动-针入度”温度是不由操作者挑选的,可见,它是一种优良的质量控制方法,也是一种极佳的研究和设计工具。

周吉平节译自《美国25届
精铸年会论文集》第14篇

杨正山校

熔模铸造用涂料的检测和成分控制

一、粘 度

近年来为了要定量了解涂料沿模组流动的情况,已采用旋转粘度计测量涂料粘度。苏联推荐采用PB-8型旋转粘度计(图1),它还可测量极限剪切应力。

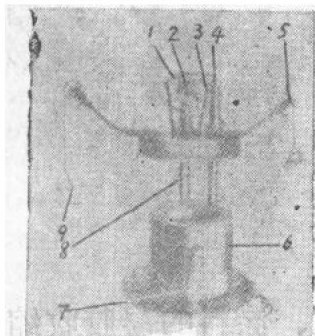


图 1

将所研究的涂料倒入缸中,并将其固定使之与圆柱体8同轴,在天平称盘9中加入载荷所产生的力,通过滑轮5和圆柱体8上的鼓轮2来传递。内圆柱体的旋转圈数可由分度盘1上的指针4来确定。仪器配备了制动机械3和温度调节器7。当载荷 P 作用于称盘上时,可动圆柱体的转速 N 取决于涂料

的粘度 η ;

$$N = K \frac{P}{\eta}$$

式中: K ——仪器的常数。可确定使内圆柱体开始旋转的最小载荷 P_x ,由此 P_x 可以计算出涂料的剪切应力 Q ;

$$Q = KP_x$$

仪器的测量范围:粘度 $1 \sim 10^7$ 泊,剪切应力 $30 \sim 10^5$ 达因/厘米²。温度 $-60 \sim 150^\circ\text{C}$ 。

二、吸 附 能 力

型壳内表面呈现粗糙缺陷可能是由于涂

料中饱和了气体或是由于选择性浸润作用。

为了得到光洁的型壳内表面,必须确定粘结剂与蜡模表面和撒砂表面之间的相互吸附性能。吸附能力 W 与粘结剂的表面张力 σ 和与固体表面相关的浸润角 θ 有关: $W = \sigma(1 + \cos\theta)$ 。

苏联为了测定表面张力(用「脱离环」方法,图2),借助于灵敏的扭转重量3来确定一个力的最大值,此值为使白金环4脱离被研究液体的表面所必须的力。脱离的力由马达1通过重量杠杆上的线2来传递。粘结剂的表面张力 σ_c 由公式 $\frac{\sigma_c}{\sigma_o} = \frac{P_c}{P_o}$ 来确定。式中 P_c 和 P_o ——分别为环从被研究的液体表面脱离的力和环从有一确定的表面张力 σ_o 的液体(蒸馏水)表面脱离的力。在粘结剂中加入粉料后,记录其表面张力的变化,可定量地评定出在加入物表面上的吸附能力。

粘附在蜡模表面的润湿接触角是用众所周知的方法,即用在档板上粘结液滴的图形来确定。撒砂被粘结剂浸润的情况由液体在毛细管中上升的高度来评定(图3)。

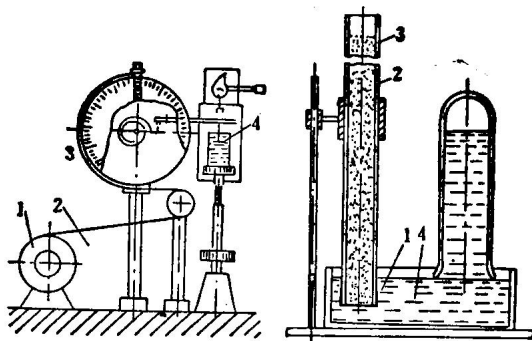


图 2

图 3

在有刻度的直径为 $\phi 10$ 的玻璃管3下端包扎上一块纱布1,倒入高度为300毫米的试验材料2,管子装在一器皿中,此器皿中

盛有待研究的溶液4。经过一定的时间，测量装有撒砂的管子内溶液的上升高度 H ，由此来间接地评定粘结剂的浸润性能。这个方法很好地模拟了虹吸管的条件，可用以确定撒砂表面被粘结剂浸润的接触角 θ 。仅就毛细管来说，溶液上升的高度与上升的时间成正比。为了计算 $\cos\theta$ ，使用了在疏松物质中液体的毛细管上升公式：

$$H = \alpha \cos\theta \frac{6\sigma(1-\epsilon)}{\gamma e d_0}$$

式中 α ——常数（对于颗粒状铸型和表面粗糙的材料来说，系数 α 为一常数）； σ ——所研究的溶液的表面张力； ϵ ——所研究材料的孔隙度； d_0 ——颗粒的有效直径； γ ——溶液的比重。系数 α 是用已知 θ 角的并用专门方法洗净的Люберецкий砂来确定的。

三、发泡能力和泡沫稳定性

为了评定附加物的发泡能力，苏联中央工艺与机械制造科学研究所所得泡沫体积与原先试样体积之比来确定。

泡沫稳定性是以在30分钟后泡沫的体积与原先的体积之比来表示。

用有两档速度（4000和8000转/分）的MPTY 421505——63搅拌器将所研究的成分在4000转/分下搅拌1分钟。该搅拌器也可用来研究搅拌程度和搅拌时间对粘结剂性能的影响。搅拌器用盖子严密盖紧，以防搅拌时成分挥发。

四、涂料均匀性

苏联在图4的工具显微镜上评定涂料的均匀性。为此，采用没有流痕层的有一定厚度的试样。试样在工具显微镜的台面上制成。显微镜的支架6上有活动的光学系统5。在显微镜的工作台7上装着有活动套筒2，它的两个定象位置用以测量两个规定截面上的涂

层厚度。涂层放在可换的校正过的试样3上，两个截面彼此相距100毫米。涂层厚度沿几个直径方向测量。为此，试样用鼓形轮4转动。显微镜的台面可移动。涂层的绝对厚度用两个游标1来显示。用在两个规定截面上测量涂层厚度的比值来确定涂料形成流痕的倾向性。

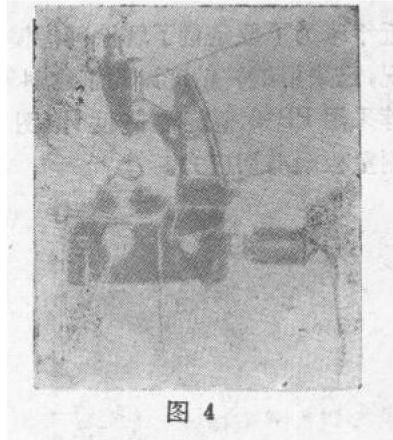


图 4

五、涂料的凝胶收缩

为测定涂料的凝胶收缩，在上述显微镜的台面上安放已涂料并撒砂的试样，此试样在弹性模型中制出。测量预先规定的两点之间的距离，就可确定涂料的收缩值，或用尺寸与时间的关系曲线表示。测量的精度为0.005毫米。

六、选择硬化参数用的试验箱

当改变涂料配比时，为了选择最佳硬化参数，可利用供在有毒物质下工作的B14HЖ接线箱（图5）。箱子装在托架10上，带有窗子2的小室9是密闭的，小室内有照明灯4。试样或试验用工件起先放在闸门7内，随后关闭闸门外的顶盖，实验员从带有橡皮手套的窗孔8伸进去，打开闸门里的盖子，将试样移入内室。在室内，带有通风机的电动机6和球阀系统可以提高或降低压力（此压力可用气压表1测出），亦可以调节气流速